Aus dem
INSTITUT FÜR LEISTUNGSMEDIZIN
und der
Forschungsstätte für Sportmedizin
im
Institut für Leibeserziehung der Freien Universität Berlin
Leiter: Prof. Dr. med. Harald Mellerowicz

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TRAINIERBARKEIT VON MÄNNLICHEN UND WEIBLICHEN JUGENDLICHEN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Klaus Hengst
aus Berlin

Mit Förderung durch das Kuratorium für Sportmedizinische Forschung

1966

Aus dem
INSTITUT FÜR LEISTUNGSMEDIZIN
und der
Forschungsstätte für Sportmedizin
im
Institut für Leibeserziehung der Freien Universität Berlin
Leiter: Prof. Dr. med. Harald Mellerowicz

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TRAINIERBARKEIT VON MÄNNLICHEN UND WEIBLICHEN JUGENDLICHEN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Klaus H e n g s t
aus Berlin

Mit Förderung durch das Kuratorium für Sportmedizinische Forschung

Dekan: Prof. Dr. med. Wilhelm Maßhoff
Referent: Prof. Dr. med. Harald Mellerowicz
Korreferenten: Prof. Dr. med. Adalbert Loeschke
Prof. Dr. med. et phil. Karl Freudenberg

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Promoviert am 8. Juli 1966

Vergleichende Untersuchungen über die Trainierbarkeit von männlichen und weiblichen Jugendlichen.

Gliederung

A. Einleitung und Begründung

B. Methodik
   I. Untersuchungsmaterial
      a) Untersuchungsgut
      b) Untersuchungs- und Trainingsgeräte
      c) Untersuchungs- und Trainingsbedingungen
   II. Untersuchungsmethodik
      a) Beschreibung der Untersuchungsmethoden und Versuche
      b) Methodik der statistischen Beurteilung
   III. Kritik und Fehlerbreite der Methodik
      a) Untersuchungsgut
      b) Untersuchungsverfahren
         1. Leistungsmessung und Training
         2. Blutdruck und Herzschlagfrequenz
         3. Herzvolumen
      c) Versuchsbedingungen

C. Ergebnisse
   I. Absoluter und prozentualer Leistungszuwachs
   II. Vergleichende Beschreibung

D. Beurteilung der Untersuchungsergebnisse
   a) Leistung
   b) Herzvolumen
   c) Herzschlagfrequenz
   d) Blutdruck
   e) Vergleichswerte
   f) statistische Berechnungen

E. Zusammenfassung

F. Literaturnachweis

A. Einleitung und Begründung

Als Training bezeichnen wir die systematische Steigerung bestimmter Übungen, die durch funktionelle und strukturelle Wirkungen auf den Organismus zu einer Leistungssteigerung führen. Die Trainierbarkeit entspricht dem meßbaren Leistungszuwachs, der durch ein Training von bestimmter Art und bestimmtem Maß bewirkt wird.

Die Frage, ob geschlechtsbedingte Unterschiede in der Trainierbarkeit von Jugendlichen bestehen, ist bisher nur unbefriedigend oder widersprechend behandelt worden.

Nach Hollmann (1959) liegt die Trainierbarkeit der Mädchen vor der Pubertät ca. 30 % und nach der Pubertät ca. 45 % unter der der Knaben. Die Frauen erreichen lediglich 55 % der Trainierbarkeit der Männer. Die weibliche Trainierbarkeit nehme in der Zeit vor bis nach der Pubertät um 10 % zu. Im gleichen Zeitraum betrage die Zunahme der Trainierbarkeit der Knaben 40 %.

Hettinger (1958) fand, daß die Muskeltrainierbarkeit männlicher Jugendlicher zwischen dem 14. und 21. Lebensjahr von 75 % auf 95 %, die Trainierbarkeit der weiblichen Jugendlichen in diesem Zeitraum nur von 44 % auf 48 % der maximalen Trainierbarkeit männlicher Erwachsener ansteigt.

Noack (1961) untersuchte den Kraftzuwachs bei jungen Männern und Frauen nach 18-wöchigem Training und stellte fest, daß er annähernd gleich sei.

Bei Untersuchungen von Reindell, Roskamm und Gerschler (1962) über die Herzgröße waren die Unterschiede von Trainierten und Untrainierten bei den Frauen geringer als bei den Männern. Die Untersucher halten es deshalb für möglich, daß das Herz der Frau im Training nicht so stark mit Hypertrophie und Dilatation reagiert.

Bausenwein-Plank (1964) schreibt dagegen, daß die Untersuchungsergebnisse, nach denen sich der Skelettmuskel der Frau einer erhöhten Arbeitsbelastung in geringerem Maße durch eine Arbeitshypertrophie anpasse, nicht ohne weiteres auf die sportliche Praxis im Sinne einer geringeren Trainierbarkeit übertragen werden können. "Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß die

Frau auf Grund ihrer vegetativen und hormonellen Reaktionsweise anders als der Mann auf sportliches Training anspricht."

Eine klare Entscheidung über geschlechtsbedingte Unterschiede der Trainierbarkeit konnte auf Grund der bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse noch nicht getroffen werden.

Die vorliegende Arbeit soll der weiteren Klärung folgender Fragen dienen:

1. Bestehen Unterschiede der Trainierbarkeit von männlichen und weiblichen Jugendlichen bei relativ gleichem Trainingsmaß?
2. Welches sind die Beziehungen zwischen einem Training bestimmter Quantität und Leistungszuwachs?
3. Bestehen Beziehungen zwischen einem bestimmten Trainingsmaß und Veränderungen von Herzvolumen, Herzschlagfrequenz und arteriellem Blutdruck?

B. Methodik

I. Untersuchungsmaterial

a) Untersuchungsgut

Vergleichende Untersuchungen können nur mit möglichst gleichen Gruppen durchgeführt werden. Umwelteinflüsse auf die Beteiligten dürfen zumindest keine wesentlichen Unterschiede aufweisen.. Wir haben unter Schülern und Schülerinnen des wissenschaftlichen Zweiges der Robert-Blum-Schule Berlin-Schöneberg 2 Gruppen etwa gleichen Alters herausgesucht. Die eine Gruppe bestand aus 14 Schülern im Alter von 16 bis einschließlich 18 Jahren, die andere aus 14 Schülerinnen, die 17 bzw. 18 Jahre alt waren. Der Trainingszustand entsprach dem heute bei Schülern anzutreffenden geringem Maß an Leibesübungen. Trainierte Leistungssportler oder völlig Untrainierte waren an der Versuchsreihe nicht beteiligt.
Jede Versuchsperson wurde vor der 1. Leistungsmessung (Basisleistungsmessung) in der Sportärztlichen Hauptberatungsstelle Berlin-Charlottenburg untersucht. Jugendliche, bei denen der Verdacht einer pathologischen Organveränderung bestand, wurden von der Versuchsreihe ausgeschlossen. Die Untersuchung wurde nach der abschließenden Leistungsmessung wiederholt.

b) Untersuchungs- und Trainingsgeräte.

Zur Leistungsmessung und zum Training diente ein Dynamo-Ergometer (Lauckner-Handkurbelergometer) mit Fremdstromerregung. Das Ergometer gestattet die Messung einer physikalischen Leistung in mkg/sec bzw. Watt (1 mkg/sec = 9,81 Watt). Die in einer bestimmten Zeiteinheit zu leistende Arbeit bestand aus Betätigung einer Drehkurbel gegen einen regulierbaren Widerstand.
Drei Widerstandsstufen gestatteten die Einstellung auf den jeweils erforderlichen Leistungsbereich. Der Drehradius der Handkurbel betrug 33,3 cm. Auf einem Leistungsmeßgerät war die jeweilige Leistung in mkg/sec bzw. Watt jederzeit von der Versuchsperson (Vp) und dem Untersuchenden ablesbar. Ein Zählwerk registrierte die Gesamtkurbelumdrehungszahl, aus der mit Hilfe einer Eichkurve die Leistung ermittelt wurde. Eine sichtbar angebrachte große Stoppuhr gewährleistete das Einhalten der gewählten Zeiteinheit. Die Stoppuhr konnte von der Vp während der Arbeit verfolgt werden (Abb. 1).
Die Herzschlagfrequenz wurde mit Stethoskop und Stoppuhr bestimmt.
Der Blutdruck wurde am rechten Arm nach der auskultatorischen Methode von Korotkoff mit einem Quecksilber-Spygmomanometer gemessen.

c) Untersuchungs- und Trainingsbedingungen.

Die allgemeine Untersuchung erfolgte für alle unter den gleichen Bedingungen an Nachmittagen in der Sportärztlichen Hauptberatungsstelle Berlin - Charlottenburg. Alle Schülerinnen und Schüler waren beschwerdefrei, die Untersuchungen ergaben keinen krankhaften Befund.
Die Leistungsmessungen wurden Anfang Juni bzw. Juli 1961 an Vormittagen zwischen 11 - 13 Uhr wenigstens 3 Stunden nach der letzten Mahlzeit durchgeführt. Die Lufttemperatur im Leistungs- und Trainingsraum betrug bei der Basismessung zwischen 18 - 20 Grad C, der Luftdruck um 13 Uhr 754 mm und die relative Luftfeuchtigkeit um 13 Uhr 87 %. Bei der abschließenden Leistungsmessung betrug die Raumtemperatur 20 Grad C, der Luftdruck um 13 Uhr 755 mm und die Luftfeuchtigkeit 59 %.
Das Training wurde grundsätzlich am Vormittag im gleichen Raum der Schule durchgeführt.

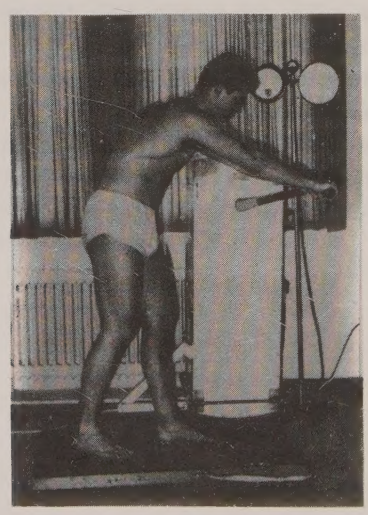

Abb. 1 Arbeit am Lauckner-Handkurbelergometer mit sichtbar aufgestelltem Wattmesser und Stoppuhr.

II. Untersuchungsmethodik

a) Beschreibung der Untersuchungsmethoden und Versuche.

Die vorbereitende Allgemeinuntersuchung in der Sportärztlichen Hauptberatungsstelle Berlin setzte sich zusammen aus:
einer kurzen Erhebung der Anamnese,
einer auskultatorischen Untersuchung des Herzens und der Lungen,
einer Messung der Herzschlagfrequenz (im Liegen nach 10 Minuten Ruhe),
einer Messung des Blutdrucks (im Liegen nach 10 Minuten Ruhe),
einer Messung der Körpergröße und des Körpergewichtes,
einer Messung der Vitalkapazität,
einer Messung des Herzvolumens,
der Registrierung eines EKG (Extremitätenableitungen in Ruhe).

Zur Ermittlung der Leistungsgröße einer Vp ist die Basisleistungsmessung erforderlich. Sie wurde bei beiden Gruppen unter wettkampfmäßigen Bedingungen am Lauckner-Handkurbelergometer durchgeführt. Die zweckmäßigste Drehtechnik wurde erklärt, und jeder machte sich durch einen kurzen praktischen Versuch mit der Technik vertraut. Ein Vergleichszeiger am Wattmesser des Ergometers wurde bei jedem Versuch auf eine mittlere Leistung eingestellt. Die hierbei eingestellten Leistungen basierten auf Erfahrungen, die bei früheren Versuchen in der Sportärztlichen Hauptberatungsstelle Berlin-Charlottenburg gewonnen wurden. Sie berücksichtigten Alter, Gewicht und Geschlecht. Die Vp konnte durch entsprechende Einstellung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Handkurbel den Anzeiger des Wattmessers mit dem Richtzeiger in Deckung bringen. Allen Vp wurde bei der ersten Basisleistungsmessung geraten, die auf dem Richtzeiger eingestellte Durchschnittsleistung während der ersten Hälfte der Gesamtheit nach Möglichkeit einzuhalten.

Während der zweiten Hälfte sollte jeder die Leistung möglichst steigern oder, wenn sie bei größter Anstrengung nicht eingehalten werden konnte, vermindern. Die gewählte Leistungszeit betrug 3 Minuten. Die Zeitmessung begann mit dem Arbeitsanfang. Die nach 3 Minuten registrierte Zahl der Kurbelumdrehungen wurde zur Bestimmung der Leistung nach der Eichkurve verwendet.

Alle männlichen und weiblichen Vp unterzogen sich nach 2 Tagen einer zweiten Basisleistungsmessung. Die Leistungen der männlichen Jugendlichen in der zuerst gewählten Widerstandsstufe II waren so groß, daß die Ablesung auf dem Wattmesser nicht mehr möglich war. Das war für die Leistungsmessung unwesentlich (Berechnung nach der Zahl der Kurbelumdrehungen), machte aber eine genaue Dosierung der Trainingsleistungen unmöglich.
Deshalb wurde nach der Umstellung auf die Widerstandsstufe III eine weitere Messung der Basisleistung notwendig.

Die Herzschlagfrequenz wurde sofort nach Beendigung der Kurbelarbeit an der stehenden Vp auskultatorisch über dem Herzen ermittelt. Die Zeit von 10 Herzschlägen wurde gestoppt und aus der Meßzeit die Minutenfrequenz berechnet.

Die beteiligten Vp trainierten anschließend 3 mal wöchentlich in der Form eines dreiminütigen Dauertrainings am Ergometer. In der ersten Woche wurde mit 60 %, in der zweiten Woche mit 70 % und in der dritten und vierten Woche mit 80 % der ermittelten Maximalleistung trainiert. Eine Gesamttrainingszeit von vier Wochen (12 Trainingstage) war vorgesehen. Nach 3 1/2 Wochen (10 Trainingstage) mußte für beide Gruppen das Trainingsprogramm abgebrochen werden, da die Schülerinnen für einige Tage eine Jugendherberge aufsuchten. Eine Schülerin konnte wegen Krankheit das Training nicht beenden. Eine weitere Schülerin versäumte aus dem gleichen Grund die Abschlußuntersuchung. Sie fiel damit für

die Bestimmung des Herzvolumens aus.

Herzfernaufnahmen in zwei Ebenen (sagittal und frontal) dienten der Berechnung der Herzmaße. Sie wurden mit auf der Bauchseite liegender Vp bei 2 m Focus-Filmabstand aufgenommen. Der Brustkorb war dabei fest an die Filmkassette gepreßt; die Aufnahme erfolgte am Ende einer gewöhnlichen Inspirationsphase. Die Belichtungszeit erreichte mindestens eine Pulsperiodendauer, die maximal diastolische Herzgröße konnte damit erfaßt werden. Die Herzgröße wurde nach der von Moritz angegebenen Methode (Moritz 1928) ausgemessen und nach der von Musshoff und Reindell (1956) modifizierten Rohrer-Kahlstorf'schen Formel berechnet:

$$Vol = 0{,}4 \times l \times b \times t/max$$

Hiernach entspricht l der Länge und b der Breite des Moritz'schen Herzviereck; t/max bezeichnet den größten horizontalen Tiefendurchmesser nach Rohrer. Der empirisch gefundene Faktor von 0,4 wurde von Musshoff und Reindell für diese Berechnungsmethode angegeben.

b) Methodik der statistischen Beurteilung

Die Mittelwerte der einzelnen Vergleichsreihen des Untersuchungsgutes wurden berechnet nach der Formel:

$$M = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots\ldots x_n}{n}$$

Die mittlere Abweichung vom Durchschnittswert x beträgt:

$$sx = \pm \sqrt{\frac{(M-x_1)^2 + (M-x_2)^2 + \ldots\ldots (M-x_n)^2}{n}}$$

Mittlerer Fehler des Mittelwertes:

$$sM = \frac{sx}{\sqrt{n}}$$

Die Differenzen der Vergleichsreihen wurden nach der Gleichung

$$s\ \text{Diff.} = \sqrt{sM_1^2 + sM_2^2}$$

geprüft. Ein statistisch gesicherter Unterschied liegt dann vor, wenn die Differenzen der Mittelwerte zweier Vergleichsreihen größer sind als 3 s Diff. Er ist damit mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,27 % statistisch gesichert.

III. Kritik und Fehlerbreite der Methodik

a) Untersuchungsgut (Vergleichbarkeit)

Vergleichende Untersuchungen dieser Art unterliegen naturgemäß einer verhältnismäßig großen Fehlerbreite. Es konnte nur versucht werden, sie in möglichst engen Grenzen zu halten.

Es wurden zwei Gruppen annähernd gleichen Alters zusammengestellt. Die Entwicklung entsprach den bei den Jugendlichen dieses Alters gemäßen Entwicklungsstufen. Alle Vp lebten seit längerer Zeit in Berlin. Die Lebensbedingungen und sozialen Verhältnisse waren mehr oder weniger unterschiedlich. Differierende exogene Einflüsse konnten während des Versuchszeitraumes nicht ausgeschlossen werden. Außergewöhnliche Belastungen in dieser Richtung sind jedoch bei keinem Beteiligten bekannt geworden.
Psychische Faktoren wie z. B. unterschiedlicher Leistungswille, können Einflüsse auf die Ergebnisse haben. Eine eingehende Erläuterung des wissenschaftlichen Versuchsziels sollte diese Fehlermöglichkeit verringern helfen. Die wettkampfmäßige Durchführung der Leistungsmessungen diente dem Ansporn zu persönlichen Höchstleistungen. Die gewählte Bewertung der relativen Leistung (pro kg Körpergewicht) und die Berücksichtigung des relativen Leistungszuwachses sollten möglichst gleiche Gewinnchancen geben. Die Beteiligung einer größeren Anzahl von Vp wäre wünschenswert gewesen, war aber praktisch nicht durchführbar.

b) Untersuchungsverfahren

1. Leistungsmessung und Training

Rationellere Bewegungsarbeit beeinflußt das Leistungsergebnis. Lehmann (1962) untersuchte die Arbeitsgestaltung nach energetischen Gesichtspunkten und ihre Bedeutung gerade bei der Hand-

kurbelarbeit. Er fand besonders rationelle Bewegungsformen für das Kurbeldrehen: Kreisförmige bzw. elliptische Bewegungsbahnen der schweren Körperteile sind günstiger als einfaches Hin- und Herbewegen. Die erteilte lebendige Energie kann beim kreisförmigen Bewegungsvorgang so dosiert werden, daß sie gerade "aufgezehrt" wird.

Kurbelarbeit ist die einfachste, kaum koordinative Begabung erfordernde Arbeitsform.

Nach Hollmann (1963) ist die individuell unterschiedliche Bewegungsökonomie bei der Drehkurbelarbeit unbedeutend und muß deshalb nicht berücksichtigt werden.

Die oben angeführten Faktoren können u. a. die Ermittlung der tatsächlichen maximalen Leistung und des Leistungszuwachses behindern. Sie sind in begrenztem Umfang in der Lage, eine scheinbare Leistungssteigerung durch Training vorzutäuschen, wenn sie nicht berücksichtigt werden. Wir haben deshalb eine zweite Basisleistungsmessung durchgeführt, um diese Fehlerquelle so klein wie möglich zu halten.

2. Blutdruck und Herzschlagfrequenz

Bei vergleichenden Blutdruckmessungen nach der Methode von Korotkoff muß nach Anschütz und Drube (1954) mit einer Fehlerbreite von ± 10 % gerechnet werden.

Da bei der Ermittlung der Herzschlagfrequenz die Ablesegenauigkeit der Stoppuhr 1/10 sec betrug, muß mit einem Meßfehler von ± 1/20 sec gerechnet werden. Bei Umrechnung der gemessenen Zeiten in Minutenfrequenz ist der reine methodische Fehler infolge der Hyperbelfunktion in den einzelnen Frequenzbereichen verschieden: Er betrug bei einer MF von 60 ± 0,5 bei 100 ± 1,0 bei 140 ± 2,0 und bei 180 ± 3,0. Hinzu kommt der subjektive Fehler, der

durch Drücken der Stoppuhr in verschiedenen Phasen der Herzaktion hervorgerufen wird. Er läßt sich bei einiger Übung auf die Hälfte des methodischen Fehlers erniedrigen, so daß der Gesamtfehler bei einer errechneten MF von 180 ± 5 Pulsen am größten ist und damit ± 2,8 % beträgt. (Mellerowicz 1962).

3. Herzvolumen

Musshoff und Reindell prüften 1956 bei 20 männlichen und weiblichen Erwachsenen unabhängig von der Aktionsphase das Herzvolumen 3 bis 6 mal mit der Herzfernaufnahme in gleicher Atemphase im Liegen. Sie errechneten bei insgesamt 85 Einzelbestimmungen einen Meßfehler für vergleichende Messungen von weniger als 3,5 %.

c) Versuchsbedingungen

Die Untersuchungsbedingungen, die bei der Ermittlung der Vergleichswerte vorgefunden wurden, waren nur annähernd gleich.
Die Untersuchungspersonen und die gewählten Räume wurden nicht gewechselt. Große Differenzen in der Tageszeit (Vormittag - Nachmittag) wurden vermieden. Bei der Beurteilung der klimatischen Bedingungen fallen die unterschiedlichen Grade der Luftfeuchtigkeit auf. Die Basisleistungsmessung wurde bei 87 % relativer Luftfeuchtigkeit gegenüber 59 % bei der abschließenden Leistungsmessung durchgeführt. Nach Prokop (1959) waren demnach für die abschließende Leistungsmessung leistungsgünstigere Bedingungen gegeben.

C. Ergebnisse

I. Absoluter und prozentualer Leistungszuwachs.

In der Tabelle 1 und 2 sind das Alter, das Gewicht und die Größe der Vp, die Ergebnisse der Basis- und Endleistungsmessungen sowie die ermittelte Leistungssteigerung dargestellt. (Die unter % angegebenen Werte sind bezogen auf die Basisleistung).

Nach einem Training über 3 1/2 Wochen (10 Trainingstage) ergab die abschließende Messung bei den Schülern einen durchschnittlichen Leistungszuwachs von 40 Watt = 13,5 %, dem bei den Schülerinnen ein durchschnittlicher Leistungszuwachs von 22 Watt = 12,8 % gegenüberstand.

In den Abbildungen 2 und 3 sind Basis- und Endleistungen sowie Leistungssteigerungen graphisch dargestellt. Die Veränderung des Herzvolumens durch das Training ist in den Tabellen 3 und 4 aufgezeichnet. Die durchschnittliche Volumenzunahme betrug bei den männlichen Vp 35 ccm = 4,8 % und bei den weiblichen Vp 26 ccm = 4,7 %.

Name	Alter	kg	cm	Basisleistg Watt	W/kg	Endleistung Watt	W/kg	Leistungssteigerung +Watt	+ %	+ W/kg	+ %
H.B.	17	71,0	176	316	4,45	349	4,91	33	10,4	0,46	10,3
H.B.	17	70,0	179	368	5,26	407	5,81	39	10,6	0,55	10,4
I.G.	16	80,5	180	349	4,33	411	5,10	62	17,7	0,77	17,8
P.K.	18	66,0	173	325	4,92	367	5,56	42	12,9	0,64	13,0
G.K.	17	69,0	172	416	6,03	458	6,64	42	10,1	0,61	10,1
D.K.	18	59,0	172	227	3,85	282	4,78	55	24,2	0,93	24,1
U.L.	18	61,0	177	316	5,18	349	5,72	33	10,4	0,54	10,4
R.M.	17	70,0	181	322	4,60	353	5,04	31	9,6	0,44	9,6
D.M.	18	64,5	177	303	4,70	343	5,32	40	13,2	0,62	13,2
E.O.	18	63,0	186	295	4,68	335	5,32	40	13,5	0,64	13,7
D.O.	18	73,0	182	363	4,97	378	5,18	15	4,1	0,21	4,2
A.S.	17	77,5	175	235	3,03	290	3,74	55	23,4	0,71	23,4
W.S.	17	53,4	170	264	4,94	312	5,84	48	18,2	0,90	18,2
P.W.	17	66,5	170	295	4,44	325	4,89	30	10,2	0,45	10,1
M				314	4,67	354	5,27	40	13,5	0,60	13,4
s ±				49,49	0,67	46,31	0,64	11,68	5,39	0,18	5,38
sM				13,23	0,18	12,38	0,17	3,12	1,44	0,05	1,44

Tabelle 1: Alter, Gewicht, Größe, Basis- und Endleistung und Leistungssteigerung der männlichen Vp.

Die Herzschlagfrequenzen in Ruhe und sofort nach der Maximalleistung sind in den Tabellen 5 und 6, die Ruheblutdruckwerte vor und nach dem Training in den Tabellen 7 und 8 aufgeführt. Sie sind in den Abbildungen 4 und 5 graphisch dargestellt.

Der durchschnittliche Leistungszuwachs, die durchschnittliche Änderung der Ruhe- und Leistungsherzschlagfrequenz und des Herzvolumens der männlichen

und weiblichen Vp sind in den Abbildungen 6 und 7 graphisch dargestellt.

Name	Alter	kg	cm	Basisleistg Watt	W/kg	Endleistung Watt	W/kg	Leistungssteigerung +Watt	+ %	+W/kg	+ %
R.A.	17	57,0		188	3,30	218	3,82	30	15,9	0,52	15,8
I.A.	17	50,0	158	157	3,14	168	3,36	11	7,0	0,22	7,0
I.G.	17	53,0	161	191	3,60	228	4,30	37	19,4	0,70	19,4
R.G.	18	64,0	170	180	2,91	191	2,98	11	6,1	0,17	6,0
I.H.	17	54,0	162	183	3,39	202	3,74	19	10,4	0,35	10,3
H.H.	17	62,5	166	180	2,88	209	3,34	29	16,1	0,46	16,0
S.L.	17	59,5	173	202	3,39	224	3,76	22	10,9	0,37	10,9
G.M.	17	50,1	160	128	2,55	153	3,05	25	19,5	0,50	19,6
K.P.	17	54,7	168	166	3,03	191	3,47	25	15,1	0,46	15,2
I.P.	17	49,0	166	168	3,43	200	4,08	32	19,0	0,65	18,9
G.R.	18	51,0	154	202	3,96	209	4,10	7	3,5	0,14	3,5
I.S.	17	52,0	165	183	3,52	221	4,25	38	20,8	0,73	20,7
H.S.	17	62,0	161	121	1,95	125	2,02	4	3,3	0,07	3,6
M				173	3,15	195	3,56	22	12,8	0,41	12,8
s ±				24,16	0,50	29,10	0,61	10,78	5,70	0,20	6,05
sM				6,69	0,14	8,06	0,17	2,99	1,58	0,05	1,67

Tabelle 2: Alter, Gewicht, Größe, Basis- und Endleistung und Leistungssteigerung der weiblichen Vp

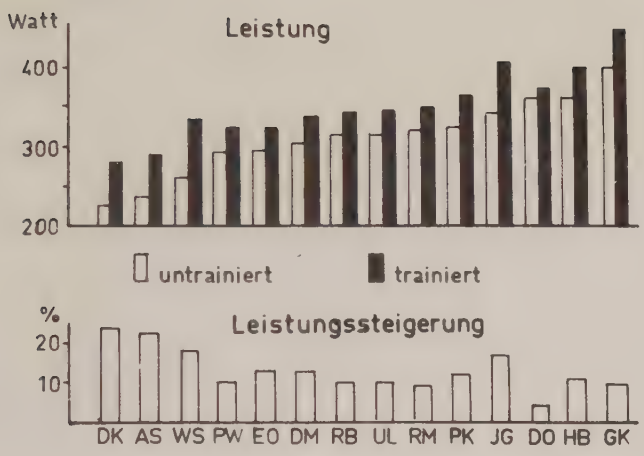

Abb. 2 Basisleistung, Endleistung und Leistungszuwachs der männlichen Vp

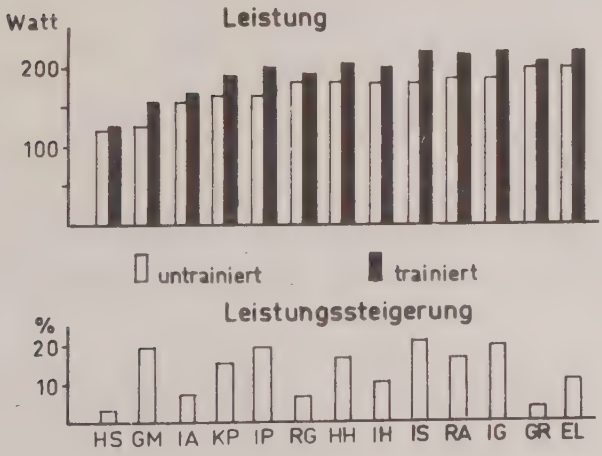

Abb. 3 Basisleistung, Endleistung und Leistungszuwachs der weiblichen Vp.

	Herzvolumen in ccm vor Tr.	nach Tr.	Differ. ±	% ±
R.B.	794	760	- 34	- 4,3
H.B.	780	845	+ 65	+ 8,3
I.G.	985	1080	+ 95	+ 9,6
P.K.	769	814	+ 45	+ 5,8
G.K.	750	750	± 0	± 0
D.K.	640	679	+ 39	+ 6,1
U.L.	770	795	+25	+ 3,2
R.M.	640	700	+ 60	+ 9,4
D.M.	628	759	+131	+20,8
E.O.	770	770	± 0	± 0
D.O.	853	853	± 0	± 0
A.S.	765	824	+ 59	+ 7,7
W.S.	869	869	± 0	± 0
P.W.	707	715	+ 8	+ 1,1
M	766	801	+ 35	+ 4,8
s ±	93,2	95,4	42,7	6,1
sM	24,9	25,5	11,4	1,6

Tabelle 3: Differenz des Herzvolumens der männlichen Vp vor und nach dem Training

	Herzvolumen in ccm vor Tr.	nach Tr.	Differ. ±	% ±
R.A.	-	-	-	-
I.A.	539	567	+ 28	+ 5,2
I.G.	590	588	- 2	± 0
R.G.	704	735	+ 31	+ 4,4
I.H.	543	581	+ 38	+ 7,0
H.H.	539	608	+ 69	+12,8
E.L.	590	610	+ 20	+ 3,4
G.M.	555	555	± 0	± 0
K.P.	476	545	+ 69	+14,5
I.P.	486	440	- 46	- 9,5
G.R.	610	634	+ 24	+ 3,9
I.S.	527	595	+ 68	+12,9
H.S.	638	650	+ 12	+ 1,9
M	566	592	+ 26	+ 4,7
s ±	61,5	66,8	32,3	6,4
sM	17,8	19,3	9,3	1,8

Tabelle 4: Differenz des Herzvolumens der weiblichen Vp vor und nach dem Training

	in Ruhe				nach max. Leistung			
	vor Tr.	nach Tr.	Diff.	%	vor Tr.	nach Tr.	Diff.	%
R.B.	90	60	- 30	- 33,3	190	190	± 0	± 0
H.B.	60	54	- 6	- 10,0	200	190	- 10	- 5,0
I.G.	78	60	- 18	- 23,1	180	180	± 0	± 0
P.K.	84	68	- 16	- 19,0	190	170	- 20	-10,5
G.K.	72	68	- 4	- 5,6	200	190	- 10	- 5,0
D.K.	78	90	+ 12	+ 15,3	200	190	- 10	- 5,0
U.L.	60	78	+ 18	+ 30,0	200	180	- 20	-10,0
R.M.	66	60	- 6	- 9,1	170	170	± 0	± 0
D.M.	60	60	± 0	± 0	200	190	- 10	- 5,0
E.O.	96	62	- 34	- 35,4	190	190	± 0	± 0
D.O.	60	66	+ 6	+ 10,0	190	170	- 20	-10,5
A.S.	84	66	- 18	- 21,4	200	190	- 10	- 5,0
W.S.	80	72	- 8	- 10,0	190	180	- 10	- 5,3
P.W.	66	60	- 6	- 9,1	190	190	± 0	± 0
M	74	66	- 8	- 8,6	192	183	- 8	- 4,0
s ±	11,7	8,9	14,1	17,5	8,6	8,1	7,4	3,8
sM	3,1	2,4	3,8	4,7	2,3	2,2	2,0	1,0

Tabelle 5: Ruheherzschlagfrequenz und Leistungsherzschlagfrequenz (unmittelbar nach 3 Min. Maximalleistung) vor und nach dem Training der männlichen Vp.

	in Ruhe				nach max. Leistung			
	vor Tr.	nach Tr.	Diff.	%	vor Tr.	nach Tr.	Diff.	%
R.A.	-	-	-	-	190	190	± 0	± 0
I.A.	78	66	- 12	- 15,4	200	190	- 10	- 5,0
I.G.	90	78	- 12	- 13,3	200	180	- 20	-10,0
R.G.	78	60	- 18	- 23,1	200	190	- 10	- 5,0
I.H.	60	50	- 10	- 16,6	210	190	- 20	- 9,5
H.H.	72	56	- 16	- 22,2	190	180	- 10	- 5,3
E.L.	84	60	- 24	- 28,6	200	180	- 20	-10,0
G.M.	78	80	+ 2	+ 2,6	190	180	- 10	- 5,3
K.P.	66	72	+ 6	+ 9,1	200	180	- 20	-10,0
I.P.	80	72	- 8	- 10,0	200	190	- 10	- 5,0
G.R.	60	56	- 4	- 6,6	200	190	- 10	- 5,0
I.S.	78	84	+ 6	+ 7,7	210	210	± 0	± 0
H.S.	78	66	- 12	- 15,4	190	180	- 10	- 5,3
M	75	67	- 8	- 11,0	198	187	- 11	- 5,8
s ±	8,7	10,2	9,0	11,6	6,8	8,2	6,6	3,2
sM	2,5	2,9	2,6	3,3	1,9	2,3	1,8	0,9

Tabelle 6: Ruheherzschlagfrequenz und Leistungsherzschlagfrequenz (unmittelbar nach 3 Min. Maximalleistung) vor und nach dem Training der weiblichen Vp.

	vor Training	nach Training
R.B.	140/85	135/80
H.B.	140/80	125/85
I.G.	135/70	130/85
P.K.	135/85	135/85
G.K.	150/70	130/65
D.K.	165/105	160/105
U.L.	130/70	130/70
R.M.	140/80	125/75
D.M.	140/70	140/70
E.O.	145/75	140/70
D.O.	140/70	140/90
A.S.	150/85	145/90
W.S.	130/70	135/85
P.W.	120/80	120/80

Tabelle 7: Ruheblutdruckwerte der männlichen Vp vor und nach dem Training.

	vor Training	nach Training
R.A.	-	-
I.A.	125/80	125/80
I.G.	120/75	135/90
R.G.	130/90	135/95
I.H.	120/70	125/70
H.H.	135/90	115/75
E.L.	135/70	120/80
G.M.	120/80	125/80
K.P.	120/65	130/70
I.P.	130/70	125/85
G.R.	120/80	125/80
I.S.	125/80	120/80
H.S.	115/65	115/70

Tabelle 8: Ruheblutdruckwerte der weiblichen Vp vor und nach dem Training.

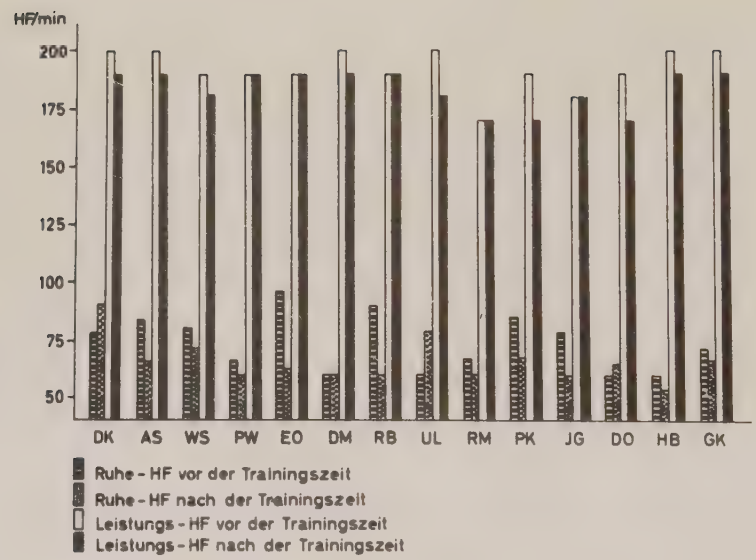

Abb.4 Ruhe- und Leistungsherzschlagfrequenz (unmittelbar nach 3 Min. Maximalleistung) der männlichen Vp vor und nach dem Training.

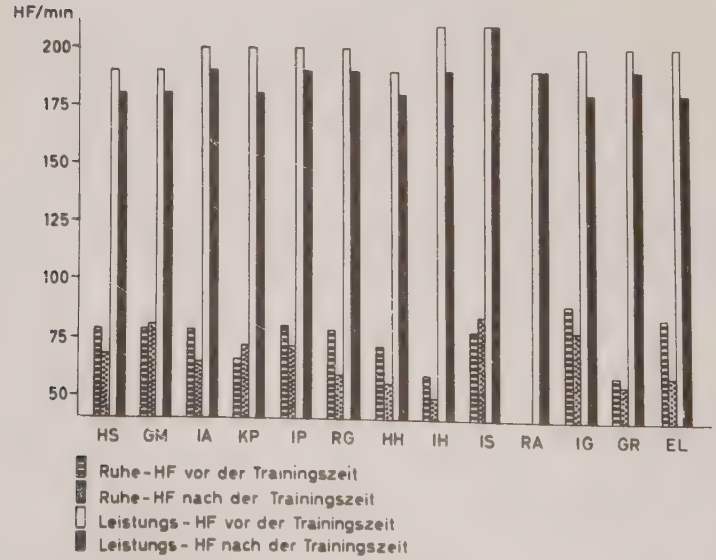

Abb.5 Ruhe- und Leistungsherzschlagfrequenz (unmittelbar nach 3 Min. Maximalleistung) der weiblichen Vp vor und nach dem Training.

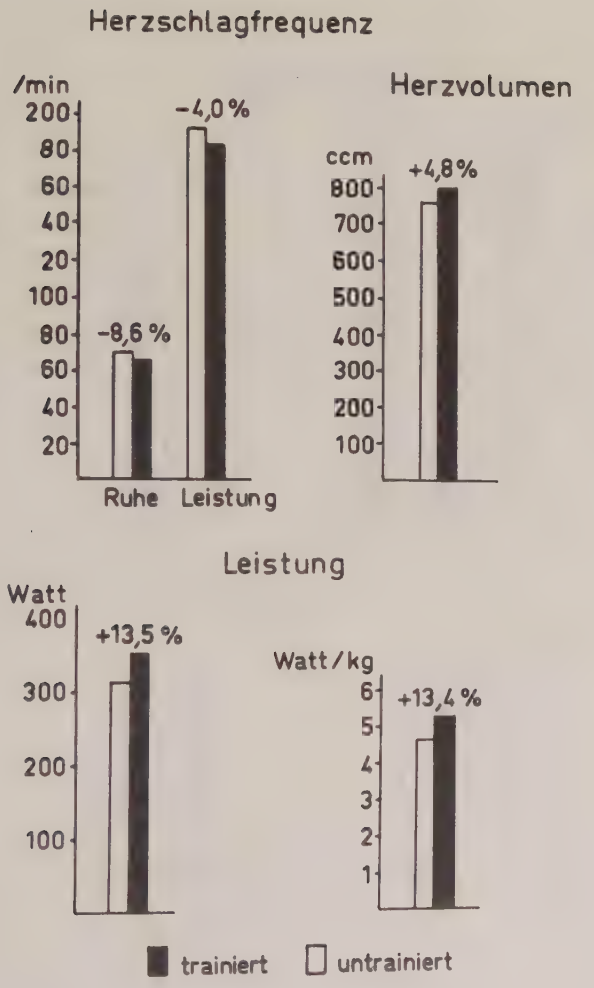

Abb. 6 Durchschnittlicher Leistungszuwachs, Änderung der Herzschlagfrequenz und des Herzvolumens nach dem Training bei den männlichen Vp.

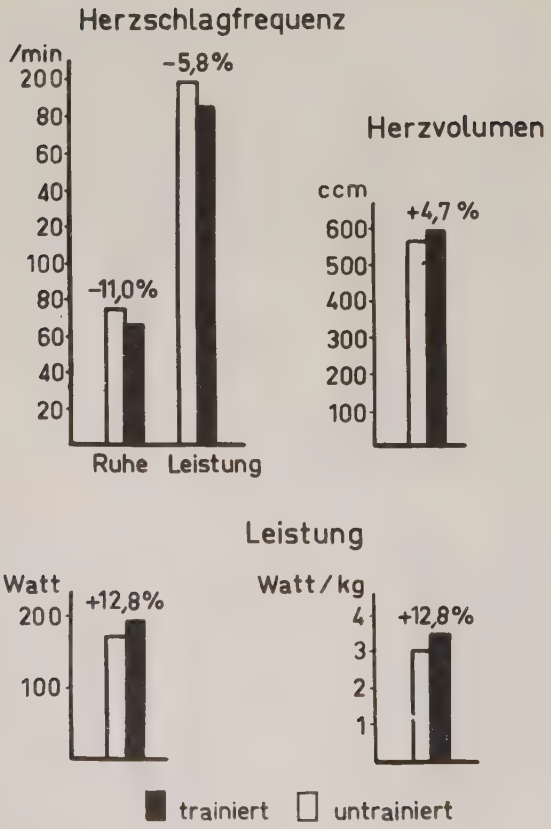

Abb. 7 Durchschnittlicher Leistungszuwachs, Änderung der Herzschlagfrequenz und des Herzvolumens nach dem Training bei den weiblichen Vp.

II. Vergleichende Beschreibung

Der Vergleich der ermittelten Durchschnittswerte des Leistungszuwachses, der Veränderungen von Blutdruck und Herzschlagfrequenz zeigt bei männlichen und weiblichen Vp annähernd gleiche Werte. Die Leistung konnte bei den Schülern um 13,5 %, bei den Schülerinnen um 12,6 % gesteigert werden. Auch das Herzvolumen zeigt bei beiden Gruppen durchschnittlich annähernd gleiche Zunahmewerte. Die durchschnittliche Volumenvergrößerung betrug bei den Schülern 4,8 % und bei den Schülerinnen 4,7 %. Die Ruheherzschlagfrequenz war nach dem Training bei den Schülern um durchschnittlich 8,6 % vermindert, der eine Verminderung um 11,0 % bei den Schülerinnen gegenüberstand. Die durchschnittliche Leistungsherzschlagfrequenz war unmittelbar nach 3 Minuten maximaler Leistung nach dem Training bei den Schülern um 4,0 %, bei den Schülerinnen um 5,8 % geringer. Die Vergleichswerte sind in den Abbildungen 8 und 9 graphisch dargestellt.

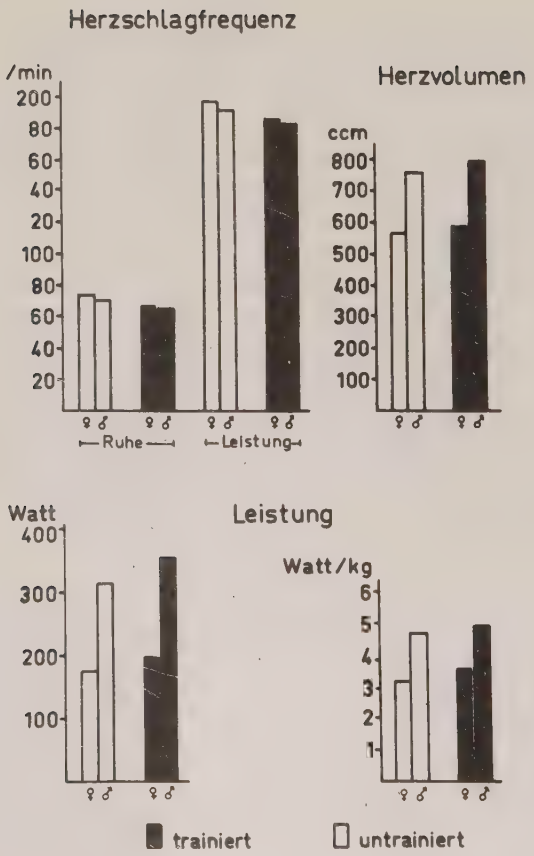

Abb. 8 Ermittelte Vergleichswerte der männlichen und weiblichen Vp.

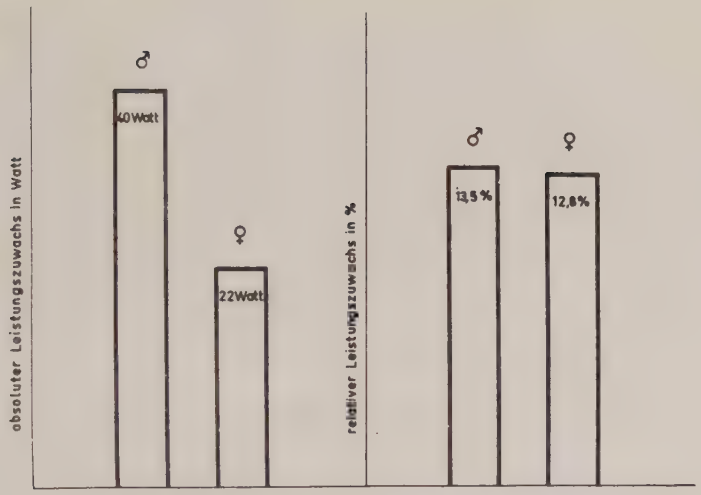

Abb. 9 Absoluter und relativer Leistungszuwachs nach dem Training der männlichen und weiblichen Vp.

D. Beurteilung der Untersuchungsergebnisse.

a) Leistung

Die Basisleistungsmessung ergab bei den männlichen Vp eine Durchschnittsleistung von 314 Watt und 4,67 Watt/kg. Die Durchschnittsleistung der weiblichen Vp wurde mit 173 Watt und 3,15 Watt/kg berechnet. Die absolute Leistung der Schülerinnen war damit um 46 % kleiner als die der Schüler. Die auf das kg Körpergewicht bezogene relative durchschnittliche Leistung der Schülerinnen lag mit 3,15 Watt/kg nur 35 % unter der mit 4,67 Watt/kg ermittelten Leistung der Schüler. Dieses Ergebnis entspricht den von Düntsch, Stoboy und Mellerowicz (1962) erzielten Untersuchungsergebnissen, nach denen die absolute Leistung der Frau bei einer kurzen Dauerleistung von 10 Minuten ca. 60% der männlichen Leistung beträgt. Die auf das kg Körpergewicht bezogene Leistung der Frauen wurde bei diesen Untersuchungen mit 67 % (von der der Männer) ermittelt.
Die durchschnittliche Leistungsherzschlagfrequenz von 192/min bei den Schülern entspricht annähernd der Herzschlagfrequenz von 198/min bei den Schülerinnen. (Nach dem Training 183/min bzw. 187/min). Die Höhe der HF läßt erkennen, daß tatsächlich eine Maximalleistung vorlag. Die Leistungsreserven wurden demnach wahrscheinlich bei dem Versuch von beiden Gruppen in annähernd gleichem Maße ausgeschöpft.

Die Leistungswerte aller Vp zeigen eine Leistungssteigerung nach dem Training. Die große Streubreite der Leistungssteigerung kann durch die verschiedenen konstitutionellen Faktoren der Vp erklärt werden. Die durchschnittliche prozentuale Leistungssteigerung von 13,5 bzw. 12,8 weist auf eine relativ annähernd gleiche Trainierbarkeit in Mittelstreckenleistungen ohne wesentliche geschlechtsbedingte Unterschiede hin.

Die Beurteilung der Leistungssteigerung setzt die gleichzeitige Berücksichtigung der Leistungsherzschlagfrequenz voraus. Eine echte Steigerung kann nur angenommen werden, wenn die

HF der Basisleistung annähernd gleich bzw. höher liegt. Beide Gruppen zeigten bei der abschließenden Leistungsmessung eine geringe Verminderung der Leistungsherzschlagfrequenz gegenüber der Basisleistung. Die Leistungssteigerung kann deshalb auf eine echte Trainingswirkung zurückgeführt werden.

b) Herzvolumen

Trainingseinflüsse auf das Herzvolumen sind nach einem kurzen Trainingszeitraum von nur 3 1/2 Wochen nur schwer nachweisbar. Abgesehen von der Kürze der Gesamttrainingszeit konnte auch nach der Art und dem Maß des Trainings keine wesentliche Volumenvergrößerung erwartet werden. Nachweisbare physiologische Herzvergrößerung setzt nach den derzeitigen Kenntnissen ein Dauertraining voraus. Die für beide Gruppen ermittelte Vergrößerung des Herzvolumens liegt noch im Fehlerbereich der Methode. Im Zusammenhang mit der verminderten HF ist sie doch mit überwiegender Wahrscheinlichkeit auf beginnende anpassende Trainingsveränderungen zurückzuführen. Die durchschnittliche Volumenvergrößerung von 4,8 bzw. 4,7 % bei beiden Gruppen ist ein Hinweis auf annähernd gleiche cardiale Anpassungsvorgänge bei beiden Geschlechtern.

c) Herzschlagfrequenz

Die Herzschlagfrequenz von Trainierten in Dauerleistungen ist kleiner als die von Untrainierten. Das Verhalten der Ruhe- und Leistungsherzschlagfrequenz gestattet eine Beurteilung der Anpassungsvorgänge während des Trainings. Im vorliegenden Versuch kann das Verhalten der HF bei der abschließenden Ruheuntersuchung und Leistungsmessung als Ausdruck einer ökonomischen Kreislaufregulation bei vermehrten cardialen Reserveräften angesehen werden. Die Verminderung der Ruhe-HF von 8,6 % und der Leistungs-HF von 4,0 % der männlichen Vp sowie der Ruhe-HF von 11,0 % und der Leistungs-HF von 5,8 % der weiblichen Vp gewinnt an Beweiswert durch die gleichzeitig erfolgte Leistungssteigerung. Die Verminderung der HF im Training liegt bei beiden Geschlechtsgruppen in annähernd der gleichen Größenordnung.

d) Blutdruck

Die vor und nach dem Training ermittelten Ruheblutdruckwerte weisen keine Unterschiede auf. Bei der Fehlerbreite der verwendeten Methode wären für die Erkennung von Trainingsveränderungen Differenzwerte erforderlich, die nach so kurzer Trainingszeit nicht erwartet werden können.

e) Vergleichswerte

Die Differenzwerte der verschiedenen morphologischen und funktionellen Meßgrößen vor und nach dem Training ergaben bei beiden Gruppen annähernd gleiche prozentuale Ergebnisse. Geschlechtsbedingte Unterschiede konnten weder bei der vergleichenden Leistungsmessung, noch bei den Anpassungsvorgängen von Herz und Kreislauf gefunden werden. Die Befunde sprechen für eine zwar absolut verschiedene, aber relativ annähernd gleiche Trainierbarkeit von männlichen und weiblichen Jugendlichen in Mittelstreckenleistungen.

f) statistische Berechnung

Die statistische Auswertung ergab signifikante Unterschiede in der absoluten Trainierbarkeit; statistisch sichere Unterschiede der relativen Trainierbarkeit waren bei der von uns angewandten Untersuchungs- und Trainingsmethodik nicht nachweisbar.

Die festgestellte durchschnittliche Vergrößerung des Herzvolumens bei beiden Gruppen liegt nicht sicher außerhalb der Fehlergrenze der Methodik, die sich durch die Kumulation von Meßfehler und Stichprobenfehler ergibt.
Die bei beiden Gruppen ermittelte Differenz der Ruhe- bzw. Leistungsherzschlagfrequenz ist nicht signifikant.

E. Zusammenfassung

1) Mit zwei Gruppen von 14 männlichen und 13 weiblichen Jugendlichen von 16 bis 18 Jahren wurde ein vergleichender ergometrischer Trainingsversuch durchgeführt. Beide Gruppen trainierten 3 x wöchentlich je 3 Minuten am Handkurbelergometer. Das Gesamttraining erstreckte sich über 3 1/2 wochen (10 Trainingstage). Das gewählte Trainingsmaß entsprach dem jeweiligen Leistungszustand der einzelnen Vp. Es betrug in der 1. Woche 60 %, in der 2. Woche 70 % und in der 3. Woche 80 % der ermittelten Maximalleistung. Die Basisleistungsmessung und die Ermittlung des Listungszuwachses wurden unter wettkampfmäßigen Bedingungen durchgeführt.

2) Die männliche Gruppe erreichte mit diesem ergometrisch gemessenen Trainingsmaß einen Leistungszuwachs von 40 Watt mit einer mittleren Abweichung von S = ± 11,68 Watt. In Relation zur maximalen Basisleistung betrug die mittlere Leistungssteigerung 13,5 %.

3) Die weibliche Gruppe erreichte mit diesem ergometrisch gemessenen Trainingsmaß einen Leistungszuwachs von 22 Watt mit einer mittleren Abweichung von S = ± 10,78 Watt. In Relation zur maximalen Basisleistung betrug die mittlere Leistungssteigerung 12,8 %.

4) Die röntgenologische Kontrolle des Herzvolumens ergab bei der männlichen Gruppe eine durchschnittliche Vergrößerung von 35 ml (S = ± 42,7) bei der weiblichen Gruppe von 26 ml (S = ± 32,3). Die gemessenen Volumenvergrößerungen liegen nicht sicher außerhalb der Fehlergrenze der Methodik, die sich durch die Kumulation von Meßfehlern und Stichprobenfehler ergibt.

5) Die durchschnittliche Ruhe-Herzschlagfrequenz (Minute) fiel bei der männlichen Gruppe von 74 (S = ± 11,7) auf 66 (S = ± 8,9).
Die Leistungs-Herzschlagfrequenz fiel bei der männlichen Gruppe von 192 (S = ± 8,6) auf 183 (S = ± 8,1).

Die durchschnittliche Ruhe-Herzschlagfrequenz fiel bei der weiblichen Gruppe von 75 (S = ± 8,7) auf 67 (S = ± 10,2).

Die Leistungs-Herzschlagfrequenz fiel bei der weiblichen Gruppe von 198 (S = ± 6,8) auf 187 (S = ± 8,2).

Veränderungen des Ruhe-Blutdrucks vor und nach dem Training waren nicht sicher nachweisbar.

Es bestanden signifikante Unterschiede in der absoluten Trainierbarkeit von männlichen und weiblichen Jugendlichen, jedoch waren statistisch sichere Unterschiede der relativen Trainierbarkeit bei der von uns angewandten Untersuchungs- und Trainingsmethodik nicht nachweisbar.

F. Literaturnachweis

Anschütz, F.,Drube, H.Ch.	: Verh. Dtsch. Ges. Kreislauf-forschung; 20. Tagung 1954
Bausenwein-Plank, I.	: Praktische Sportmedizin S. 213 F. Enke, Stuttgart 1964
Lüntsch, G., Stoboy, H. Mellerowicz, H.	: Z. Der Sportarzt, Heft 12, S. 391, 1962
Hettinger, Th.	: Zentralblatt Arbeitsw., Heft 12, S. 185, 195
Hollmann, W.	: Kongr.Ber. int. Arbeitstagung "Jugend-Leichtathl." Sportsch. Köln 1959
Hollmann, W.	: Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers, S. 24, J. Ambrosius Berlin München 1963
Klaus, E.J., Noack, H.	: Frau und Sport, S. 110, G. Thieme, Stuttgart 1961
Lehmann, G.	: Prakt. Arbeitsphys., S. 194, G. Thieme, Stuttgart 1962
Mellerowicz, H.	: Ergometrie, S. 54, Urban & Schwarzenberg, München Berlin 1962
Moritz, F. (1928)	: Aus Handbuch Innere Medizin, Bd. IX 1. Teil, S. 801, Springer, Berlin 1960
Prokop, L.	: Erfolg im Sport, Bd. 1, S. 19 Marathon Edition, Fürlinger, Wien München 1959
Reindell, H.,Musshoff, K. (1956)	: Aus Handbuch Innere Medizin, Bd. IX 1. Teil, S. 801, Springer, Berlin 1960
Reindell, H., Roskamm, H., Gerschler, W.	: Das Intervalltraining, S. 53, A. Barth, München 1962

Hiermit danke ich Herrn Prof. Dr. med. Harald Mellerowicz für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen und der Zusammenstellung der Arbeit.
Herrn Prof. Dr. med. et phil. Karl Freudenberg bin ich für die Beratung bei der statistischen Auswertung zu großem Dank verpflichtet.

L e b e n s l a u f

Am 7. Mai 1927 wurde ich in Berlin geboren. Die hier begonnene Schulausbildung konnte ich erst nach Entlassung aus dem Wehrdienst 1946 in Hann.-Münden abschließen.
Am 6. Dezember 1948 wurde ich für das Fach Zahnmedizin an der Freien Universität Berlin immatrikuliert. 1950 ließ ich mich auf die Fachrichtung Medizin umschreiben und legte 1951 die ärztliche Vorprüfung ab. Nach längerer Unterbrechung, während der ich dem Allgemeinen Studentenausschuß der Freien Universität Berlin angehörte, beendete ich am 7. Februar 1961 das Studium mit dem medizinischen Staatsexamen.
Seit der Bestallung als Arzt und Abschluß der Pflichtassistentenzeit am 15. März 1963 bin ich zur chirurgischen Fachausbildung im St. Josephs-Krankenhaus in Berlin - Tempelhof tätig.